

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

DIPLOMSKO DELO

ANA LAMPE

Ljubljana, 2014

UNIVERZA V LJUBLJANI

FAKULTETA ZA ŠPORT

Univerzitetni študij – Športna vzgoja

**POVEZANOST IZBRANIH KINEMATIČNIH SPREMENLJIVK Z
DOLŽINO POLETOV NA SVETOVNEM POKALU V PLANICI 2013**

DIPLOMSKO DELO

MENTOR:

dr. Bojan Jošt

RECENZENT:

dr. Janez Pustovrh

Avtorica dela:

ANA LAMPE

Ljubljana, 2014

Ključne besede: smučarski poleti, kinematične spremenljivke, Planica 2013

STRUKTURA POVEZANOSTI IZBRANIH KINEMATIČNIH SPREMENLJIVK Z DOLŽINO POLETOV NA SVETOVNEM POKALU V PLANICI 2013

Ana Lampe

POVZETEK

Osnovni namen diplomskega dela je bil analizirati strukturo povezanosti izbranih kinematičnih spremenljivk s kriterijsko spremenljivko dolžina poletov smučarjev skakalcev, ki so nastopili na finalnem pokalnem tekmovanju v Planici 24.3.2013. Podatki, na katerih temelji analiza, so povzeti iz raziskave, ki jo je izvedel Inštitut za šport Fakultete za šport pod okriljem Smučarske zveze Slovenije in OK Planica z naslovom »Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala v Planici 2013«. Struktura povezanosti je bila analizirana na rezultatih obeh nedeljskih serij, saj so bili pogoji najbolj enakovredni za vse tekmovalce. Rezultati faktorjske analize prve serije so izločili dva značilna neodvisna faktorja. Oba sta posedovala značilni projekciji kriterijske spremenljivke dolžine poletov. Prvi z značilnimi projekcijami spremenljivk zaletna hitrost, vetrna izravnava in višina leta, drugi pa z aerodinamičnim indeksom leta. V drugi seriji je bil največji del medsebojne povezanosti spremenljivk mogoče pojasniti s tremi neodvisnimi faktorji. Na prvem faktorju je bil delež kriterijske spremenljivke značilen, med tem ko je bil na ostalih dveh statistično neznačilen. Na drugem faktorju je prevladovala projekcija spremenljivke aerodinamični indeks leta v korelaciji z višino leta, na tretjem pa projekcija spremenljivke zaletna hitrost. Rezultati so pokazali na visoko raven nepovezanosti osnovnih kinematičnih spremenljivk, niso pa v celoti potrdili osnovne hipoteze, da so neodvisne spremenljivke tudi faktorjsko neodvisne. To pomeni, da smučarji skakalci dosegajo svoje rezultate tudi pri interakcijskem vplivu izbranih kinematičnih spremenljivk.

Key words: ski jumping, kinematic variables, Planica 2013

STRUCTURE OF CORRELATIONS BETWEEN SELECTED KINEMATIC VARIABLES AND LENGTH OF SKI JUMPS ON WORLD CUP IN PLANICA 2013

Ana Lampe

ABSTRACT

The primary purpose of this thesis was to analyze the structure of relation between selected kinematic variables with criterion variable length of the flight of ski jumpers, that occurred at the final cup competition in Planica, in March 2013. Data, on which the analysis is based, are taken from the research conducted by the Institute of Sport from Faculty of sports, under patronage of the Slovenian Ski Association and OK Planica, titled "Kinematic analysis of the trajectory of ski jumpers in the World Cup finals in Planica in 2013." Structure of the relationship was analyzed on the results of the two Sunday series, because of the equivalent conditions for all the competitors. The results of the factor analysis of the first series are eliminated by two independent factors. Both possessed typical projection of criterion variable length of the flight. The first with a statistically significant correlation of variables run-up speed, wind and height of flight, the other with an aerodynamic index of flight. The major part of the interconnection variables when processing the data of the second series can be explained by three independent factors. The proportion on the first factor of the criterion variable was statistically significant, while on the other two was non-statistically significant. In the second factor dominated projection of variable aerodynamic index of flight, correlated with height of flight and on the third projection of variable run-up speed. The results showed a high level of incoherence between basic kinematic variables, but the elementary hypothesis, which says that the independent variables are also independent factors, cannot be fully confirmed. This means that the ski jumpers achieve their results by the independent influence of selected kinematic variables.

Kazalo

1.	UVOD.....	1
1.1	Zgodovina Planice in razvoj nordijskega smučanja.....	1
1.2	Tehnika smučarskega skoka	3
	Faza zaleta	3
	Faza vzleta	4
	Faza leta.....	5
	Faza doskoka	7
2.	PREDMET IN PROBLEM NALOGE.....	8
3.	CILJI IN HIPOTEZE NALOGE.....	11
4.	METODE DELA.....	11
4.1	Vzorec merjencev.....	11
4.2.	Vzorec spremenljivk.....	13
4.3.	Obdelava podatkov	16
5.	REZULTATI IN RAZPRAVA.....	17
5.1	Rezultati osnovne statistične analize	17
5.2	Rezultati faktorske analize	25
6.	SKLEP	30
7.	VIRI	31
8.	KAZALO SLIK	32
9.	KAZALO TABEL	33

1. UVOD

1.1 Zgodovina Planice in razvoj nordijskega smučanja

Nordijsko smučanje je eden najpomembnejših in najstarejših delov kulture športa slovenskega naroda. Smučarski skoki, kot podzvrst nordijskega smučanja, so se v Slovenijo in širom po svetu preselili iz severnih dežel. Od tod tudi značilno ime. Uradni začetek skokov pri nas sega v leto 1920, ko je bila v Bohinju zgrajena Žiškova skakalnica. Najdaljši skok leto kasneje na državnem prvenstvu je meril 9 m, med tem ko so na Norveškem skakali že do 70 m. Slovenski skakalci so stremeli k razvoju dolžine skokov in posledično tehnike, kar je za seboj prineslo vedno večje število novih in daljših skakalnic (Jošt, 2009).

Leta 1932 je mednarodna smučarska zveza izdala navodila za gradnjo smučarskih skakalnic. Za načrtovanje skakalnic sta se zanimala tudi inženirja Bloudek in Rožman in tako je nastala v Planici, kraju z idealnimi pogoji, prva večja skakalnica. Veljala je za eno izmed tehnično najbolj popolnih v tistem času (Mihelič, 2006). Dolžina skoka se je postopoma pomikala proti magični meji 100 m, katero je na Bloudkovi skakalnici leta 1936 prvi presegel Avstrijec Sepp Bradl. Do prve svetovne vojne so skakalci v Planici kar nekajkrat izboljšali svetovni rekord (do 118 m), leta 1941 pa je tudi prvemu Slovencu Rudiju Finžgarju uspel skok čez 100 m, vendar s padcem (Giacomelli in Guček, 2013).

Po drugi svetovni vojni je razmah smučarskih skokov povzročil gradnjo skakalnic po vsem svetu. Zaradi težnje po vedno daljših skokih je zveza FIS leta 1949 uvedla novo disciplino, smučarske polete. Po zgledu planiške skakalnice sta bili zgrajeni velikanki v Kulmu in Oberstdorfu, kjer je Netzel s 135 m dosegel nov rekord. Skakalnica v Planici je med tem obdobjem močno propadala in za nekaj let poniknila v senco novih, večjih skakalnic. Leta 1953 so jo po Bloudkovih načrtih obnovili, vendar po velikosti ni bila konkurenčna ostalim velikankam. Novo upanje za Planico sta vzbudila inženirja, brata Gorišek, ki sta naredila načrt za novo, v tistem času največjo skakalnico. Leta 1969 je bilo izvedeno prvo tekmovanje na novi letalnici, kjer je bil ponovno dosežen svetovni rekord, 165 m (Ulaga, Urek in Rožman, 1979). Tri leta kasneje je bilo v Planici organizirano prvo svetovno prvenstvo v poletih. V tem času so se vrstili tudi uspehi slovenskih skakalcev, z Bogdanom Norčičem na čelu. Leta 1980 je bilo prvič v Planici organizirano tekmovanje za svetovni pokal v smučarskih skokih, kjer je s

tretjim mestom blestel tudi jugoslovanski reprezentant Primož Ulaga. Konec sezone 1980/81 je bilo v Planici organizirano tudi finalno tekmovanje v svetovnem pokalu. Uvedba tekmovanj za svetovni pokal je premaknila smučarske skoke na profesionalno raven, tako za športnike, kot za organizatorje. Na tretjem svetovnem prvenstvu v Planici leta 1985 je z rekordnim poletom zmagal Finec Nykanen. V klasičnem slogu s paralelno držo smuči in z rokami ob telesu je doskočil pri 191 m. Sprememba paralelne tehnike skakanja na škarjasti oziroma V-slog v začetku devetdesetih let je zaradi boljše aerodinamičnosti drže in smuči skakalcu dovoljevala daljše polete, kar je prvi izkoristil Šved Jan Boklov. Na svetovnem prvenstvu leta 1994, ob jubilejni 50-letnici Planice, je bil zaradi razvoja sloga in opreme dosežen nov mejnik v smučarskih poletih. Toni Nieminen je poletel preko 200 m, Espen Bredesen pa je svetovni rekord pomaknil kar na 209 m. Kljub najdaljšemu skoku ni zasedel prvega mesta, saj je FIS uradno priznaval polete le do 191 m. Po odpravi tega pravila se je sprožil val povečevanja skakalnic, vendar je rekorde vse do leta 2011 obdržala planiška letalnica (Giacomelli in Guček, 2013).

Druga polovica devetdesetih let je bila za slovenske skakalce s Primožem Peterko na čelu ena izmed najuspešnejših doslej. Peterka se je z dvema kristalnima globusoma zapisal med najboljše zimske, kot tudi najboljše slovenske športnike (Šimnovec, 2011). V sezoni 1999/2000 je bilo v Planici izvedeno krstno ekipno tekmovanje za svetovni pokal, kjer so slavili Nemci pred Finci in Japonci. Leta 2004 pa je bilo v Planici prvič izvedeno ekipno tekmovanje tudi za tekme svetovnega prvenstva, kjer so bili tako posamično, kot ekipno daleč najboljši Norvežani. Planiška velikanka je 26-letno neprekinjeno obdobje doseganja rekordov leta 2011 prepustila prenovljeni in povečani letalnici v Vikersundu na Norveškem, kjer je bil na krstni prireditvi za svetovni pokal dosežen nov rekord 246,5 m. Tako se je iztekla blesteča doba skakalnice bratov Gorišek, ki bi ji nov sijaj prinesla le temeljita obnova. V sezoni 2012/13 je bilo tako izvedeno zadnje finalno tekmovanje za svetovni pokal v smučarskih poletih na stari letalnici. Plani dokončanja posodobitve nordijskega centra v Planici in povečave velikanke na HS-225 so predvideni za konec leta 2014 . V marcu 2015 lahko tako zopet pričakujemo vrnitev velikanke, ponosa slovenskega naroda, med elito smučarskih prireditev (Giacomelli in Guček, 2013).

1.2 Tehnika smučarskega skoka

Smučarski skoki predstavljajo zapleteno kinematično strukturo tehnike gibanja, ki se je od začetka do danes drastično spremenila. Razvoj tehnike narekuje težnja po vedno daljših poletih, ki so odvisni predvsem od aerodinamičnih lastnosti skakalca. Na dolžino skoka vpliva veliko število dejavnikov, ki se med seboj prepletajo. Poleg izpopolnjene tehnike morajo skakalci ustrezati tudi morfološko-motoričnim zahtevam, kot so dobra plovnost telesa, nizka telesna teža, velika eksplozivna moč pri odzivu, odlična koordinacija, velika gibljivost v bokih in kolčnem sklepu, odlično ravnotežje (Pustovrh, Jošt in Čoh, 2000). Tehnika se spreminja prav tako z modernizacijo opreme, ki naj bi omogočala skakalcem večjo učinkovitost leta in varnost pri skoku (Jošt, 2009).

Razlike v tehniki so se skozi leta kazale predvsem v položaju rok, predklonu telesa in drži smuči. Do razvoja tehnike V-sloga so skakali s smučmi v paralelni drži, drža rok pa se je spreminjala od odročanja, predročanja, vzročanja do današnjega priročanja z rahlim odmikom od telesa nazaj. Spreminjal se je tudi kot v kolčnem in skočnem sklepu. Skakalec je pri V-tehniki popolnoma iztegnjen v kolčnem sklepu, kot med smučmi meri 30-39 stopinj. Takšna je optimalna pozicija skakalca med letom, ki je le ena izmed petih zaporednih gibalnih faz (zalet, vzlet, let, doskok, vožnja do linije padca in zaustavljanje), ki so po Joštu (2009) v vzročno-posledičnem razmerju, kar pomeni, da prva faza pogojuje uspešnost izvedbe druge in tudi vseh naslednjih.

Faza zaleta

V fazi zaleta je cilj skakalca doseči maksimalno zaletno hitrost in optimizirati gibalni položaj za izvedbo odskoka. To poskuša doseči s specifično tehniko gibalnega položaja, ki se imenuje skakalni počep (Jošt, 2009).



Slika 1: Zaletni položaj odličnega skakalca Roberta Kranjca (Vir: Rtv slo)

Zaletna hitrost je eden izmed najpomembnejših dejavnikov, ki vplivajo na dolžino skoka. Nekateri dosedanje raziskave so potrdile statistično pomemben vpliv zaletne hitrosti na dolžino skoka. Večja je zaletna hitrost, daljši je skok (Jošt in Vaverka, 1988).

Za doseganje optimalne zaletne hitrosti, predvsem pa zaradi varnostnih razlogov, je možno spreminjanje dolžine zaletišča in tako reguliranje zaletne hitrosti. Pri idealnih pogojih bo zaletišče krajše, pri slabših pa daljše. Sistem zaletne izravnave se izračuna glede na značilnosti in velikosti skakalnice. Spuščanje ali dviganje štartne rampe vpliva tudi na končno točkovanje (Tepeš, 2013).

Faza vzleta

Tehnika gibanja v fazi vzleta je najbolj zahtevna gibalna naloga pri smučarskem skoku. Traja kratek čas (0,25 – 0,35 sekunde) in na kratki razdalji (5–10 metrov). Začne se z odskokom v oporni fazi, ki preide v brezoporno fazo, konča pa se z vzpostavitvijo optimalnega položaja za let (Jošt, 2009).



Slika 2: Skakalec v fazi vzleta (vir: Usa today)

Za doseganje maksimalne dolžine leta mora skakalec v fazi vzleta po Joštu (2009) doseči:

- *maksimalno horizontalno hitrost gibanja skupnega težišča sistema skakalec-smuči (aerodinamični vidik odskoka) - V_x*
- *minimalno vertikalno hitrost gibanja skupnega težišča sistema skakalec-smuči (razantnost odskoka smučarja skakalca) - V_y*
- *zagotoviti optimalno ravnotežje sistema skakalec-smuči v točki doseganja optimalnega položaja za let v njegovem osrednjem delu.*

Skakalec mora z aerodinamičnega vidika odskočiti tako (ib.), da bo pri odskoku ohranil čim večjo hitrost gibanja v vodoravni smeri (V_x). Na maksimiziranje horizontalne hitrosti pozitivno vplivajo sila reakcije tal, ki deluje v vodoravni smeri (F_{rea1}), komponenta sile teže (F_1) in vodoravna komponenta sile aerodinamičnega vzgona (A). Negativno pa delujejo vodoravne komponente sile zračnega upora (W), trenja (T) in sile teže (F_2).

Faza leta

Skakalec preide v fazo leta, ko zapusti podlago po odzivu v oporni fazi odskoka in preide v optimalni položaj za let. Vsaka zakasnitev z ozirom na optimalni časovni moment vodi k znatni izgubi pri dolžini skoka, kar se še posebej odraža pri skakalnicah z nizkim H:N

razmerjem in veliki osnovni hitrosti, kajti zračni upor narašča s kvadratom osnovne hitrosti. Zadovoljevanje ugodnega prehoda v fazo leta je predvsem odvisno od (Jošt, 2009):

- časovne naravnosti odskoka,
- velikosti vrtilnega momenta v oporni fazi odskoka,
- impulza producirane sile, delujočega v težišče telesa,
- položaja zgornjega dela telesa na robu odskočišča,
- velikosti dorzalne fleksije v skočnem sklepu po zapustitvi podlage, s katero pridejo sprednji deli smuči v ugoden položaj za let.

Faza leta traja do trenutka, ko skakalec vzpostavi stik s podlago pri doskoku. Telo skakalca je med letom iztegnjeno v bokih (kot v kolku je med 164 in 175 stopinjami), roke so priročene, z razprtimi dlanmi, kar pripomore k večji površini in plovnosti telesa. Smuči so razprte v obliki črke V, po čemer se tudi imenuje tehnika V-sloga. Kot med smučmi znaša med 30 in 39 stopinjami (Jošt, 2009).



Slika 3: Tehnika leta skakalca Petra Prevca (vir: Siol)

Cilj gibalne aktivnosti skakalca v tej fazi je stalno minimiziranje kota krivulje leta. Le-ta je odvisna od vzletne hitrosti, vzletnega kota, velikosti in smeri sile zračnega upora, sile aerodinamičnega vzgona, lastne teže sistema skakalec-smuči in tudi od trenutnega zračnega toka na skakalnici (Jošt in Čoh, 2000).

Faza doskoka

Fazi doskoka sledi faza izteka in zaustavljanje. Ti fazi ne vplivata na dolžino skoka, vendar kakovost izvedbe vpliva na ocenjevanje sloga in končno točkovanje. Skakalec pri doskoku ublaži silo pritiska podlage, ki je odvisna od naklona doskočišča, hitrosti leta skakalca in kota pristajanja. Hrbtišča skakalnic so danes grajena tako, da omogočajo skakalcem čim bolj ugoden pristanek ne glede na dolžino leta. Pri doskoku mora skakalec predvsem obdržati ravnotežje in izpeljati gibanje v iztek. Največ točk pri doskoku prinese telemark izpadni korak (Jošt, 2009).



Slika 4: Telemark doskok Jurij Tepeš (vir: Rtv slo)

2. PREDMET IN PROBLEM NALOGE

Osnovni namen, predmet in problem diplomskega raziskovalnega projekta je analizirati strukturo povezanosti izbranih kinematičnih spremenljivk tehnike smučarskega skoka, proučevanih v dveh tekmovalnih serijah na finalnem tekmovanju za svetovni pokal v Planici 2013. Izbor dveh tekmovalnih serij je temeljil na tem, da so bili za vse merjence zagotovljeni čim bolj enakovredni in primerljivi tekmovalni pogoji.

Na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev vplivajo številni dejavniki. Za potrebe te raziskave so bili izbrani zgolj nekateri kinematični dejavniki. Podatki o teh dejavnikih so bili povzeti iz raziskovalnega projekta, ki ga je izvedel Inštitut za šport Fakultete za šport pod okriljem Smučarske zveze Slovenije in OK Planica z naslovom »Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala v Planici 2013« (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013).

Problem pri proučevanju povezanosti med kriterijsko spremenljivko dolžino poletov in izbranimi neodvisnimi spremenljivkami je tudi v stopnji poznavanja njihove strukture. Ta se kaže v osnovni konfiguraciji oziroma medsebojni stohastični povezanosti izbranih spremenljivk. Kinematične spremenljivke tehnike leta smučarjev skakalcev so pomemben kazalec tekmovalne uspešnosti smučarjev skakalcev. V dosedanjem raziskovalnem delu so bile omenjene spremenljivke večkrat predmet ugotavljanja njihove povezanosti z dolžino smučarskih skokov. Manjkrat pa je bila proučevana njihova medsebojna stohastična povezanost, ki pa predstavlja pomembno spoznanje za razvoj transformacijskega procesa v okviru tehnične priprave smučarjev skakalcev.

Izbor kinematičnih spremenljivk je zajemal vse štiri ključne faze tehnike smučarskega skoka. V fazi zaleta je bila izbrana spremenljivka zaletna hitrost. Raziskave v zadnjih dveh desetletjih so pokazale vse manjšo stopnjo povezanosti z uspešnostjo smučarjev skakalcev (Jošt, 2009). Razlog se skriva v vse večji morfološki homogenosti najboljših smučarjev skakalcev in v opremi, ki jo skakalci uporabljajo. Razlike v zaletni hitrosti so tako med skakalci minimalne. Z novimi pravili, ki dopuščajo pri posamezni seriji spremembo zaletnega mesta, se je zmožnost ugotavljanja vpliva zaletne hitrosti na uspešnost smučarjev skakalcev močno znižala. Mednarodna smučarska zveza je vzpostavila faktor ovrednotenja vpliva dolžine zaletnega

mesta na dolžino skokov oziroma poletov. Uvedba omenjenega pravila je bila smiselna zaradi velikih problemov, ki so jih povzročili predolgi skoki in to je posledično privedlo do prekinitev tekmovalnih serij in mnogih problemov pri izvedbi posameznih tekmovalj. Seveda je zaletna hitrost še vedno pomemben dejavnik, ki vpliva na uspešnost smučarjev skakalcev. To se še posebej kaže na največjih letalnicah. Pomanjkanje zaletne hitrosti povzroči skakalcu slabše izhodiščne pogoje za kvalitetno izvedbo faze odskoka.

V fazi odskoka, ki je ključna faza tehnike smučarskega skoka, mora skakalec ohraniti čim večjo osnovno hitrost gibanja, ki pa je v znatni meri tudi posledica zaletne hitrosti. Na koncu faze odskoka oziroma faze vzleta naj bi skakalec dosegel optimalno horizontalno in vertikalno hitrost leta. Na planiški letalnici se faza vzleta konča približno v času 0,63 sekunde, kar predstavlja točko leta oddaljeno približno 17 m od roba odskočne mize (Jošt, Vodičar, Štuhec in Vertič, 2009). V nadaljevanju poteka leta v osrednjem delu smučarskega skoka mora skakalec maksimizirati horizontalno hitrost in minimizirati vertikalno hitrost leta. Z vidika optimalne realizacije omenjenih tendenc mora skakalec zavzeti v fazi leta čim bolj optimalen aerodinamični položaj.

Pri iskanju optimalnega aerodinamičnega položaja smučarja skakalca v osrednji fazi leta so bili postavljeni različni kinematični modeli, ugotovljeni na podlagi številnih kinematičnih analiz. Raziskovalci so v teh analizah uporabili številne kinematične spremenljivke. Za potrebe praktičnega spremljanja čim bolj optimalnega položaja smučarjev skakalcev med letom je veliko število kinematičnih spremenljivk predstavljal velik problem objektivnega spremljanja kvalitete položaja smučarja skakalca v povezavi z njegovo opremo. Zato je bil za potrebe raziskave, ki so jo izvedli raziskovalci Fakultete za šport v letu 2013 (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013), razvit poseben aerodinamični indeks leta smučarja skakalca, ki temelji na razmerju med največjo horizontalno in vertikalno razdaljo skrajnih točk položaja smučarja skakalca in opreme med letom.

Z vidika kazalca minimiziranja vertikalne hitrosti leta je bila določena spremenljivka, ki kaže na višino leta v osrednjem delu skoka oziroma poleta smučarja skakalca. V dosedanjih raziskavah je bila omenjena spremenljivka praviloma statistično značilno povezana z uspešnostjo smučarjev skakalcev (Jošt, Vodičar, Štuhec in Vertič, 2009). Teoretično se predpostavlja, da višja krivulja leta omogoča daljše skoke oziroma polete, ob predpostavki, da

se ohranja enaka osnovna hitrost leta. Na letalnici se odpira vprašanje linearnega odnosa med omenjeno spremenljivko in dolžino poletov. Vse bolj se kaže tendenca optimalne višine leta v osrednjem delu poleta. Skakalci, ki dosegajo izjemno visoko ali dokaj nizko višino leta, lahko prav zaradi tega poslabšajo dolžino poletov. Tisti, ki letijo previsoko, si v prvem delu poleta na račun večje višine praviloma zmanjšujejo horizontalno komponento osnovne hitrosti leta. Skakalci, ki letijo dokaj nizko, pa so tako ali tako že poslabšali aerodinamične značilnosti položaja med letom in to se pač kaže v večjem vpadnem kotu krivulje leta (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013).

Spremenljivke zaletna hitrost, aerodinamični indeks leta in višina leta so dokaj pomembni dejavniki, ki vplivajo na tekmovalno uspešnost smučarjev skakalcev. Pri ugotavljanju njihove povezanosti z dolžino skokov oziroma poletov se odpira vprašanje njihove medsebojne povezanosti in medsebojnega vpliva. V fizikalnem smislu zaletna hitrost na splošno vpliva na velikost hitrosti vzleta in leta smučarja skakalca (Jošt, 2009). Večja zaletna hitrost pomeni na splošno večjo vzletno hitrost in obratno. Večja hitrost v fazi vzleta pri istem kotu vzleta in enakem aerodinamičnem položaju ter pogojih smučarja skakalca pomeni na splošno večjo višino leta in daljši skok oziroma polet. Velikost hitrosti vetra v tangencialni smeri ima dokaj kompleksen vpliv in pomen. Na splošno veter v prsi pomeni boljše aerodinamične pogoje za let smučarja skakalca. Nasprotno pa veter v hrbet poslabšuje aerodinamične pogoje za let. To prispeva tudi k oteženim pogojem za vzpostavljanje optimalnega položaja za let in predvsem zmožnosti optimalne prilagoditve na aerodinamične pogoje, ki učinkujejo med letom smučarja skakalca. Medsebojni mehanski vpliv omenjenih spremenljivk ustvarja v realnosti izvedbe posameznega skoka mnogotere različne konkretne variante oziroma situacije. Prav gotovo je možno ugotoviti nekatere splošne tendence oziroma zakonitosti, ki veljajo med navedenimi spremenljivkami. Pri ugotavljanju teh zakonitosti je še posebej zanimivo proučiti stohastično naravo povezanosti spremenljivk, povezano z naravo izbranih vzorcev smučarjev skakalcev. V pričujoči nalogi je bilo raziskovanje izvedeno na vzorcu najboljših smučarjev skakalcev na svetu, ki so nastopili na finalnih tekmovanjih za svetovni pokal v Planici v sezoni 2012/2013 (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013). Rezultati, dobljeni na takšnem vzorcu, imajo zato znatno teoretično in predvsem praktično vrednost. Osrednji problem te naloge je pojasniti strukturo stohastične povezanosti med izbranimi spremenljivkami, odvisne na vzorcu vrhunskih smučarjev skakalcev.

3. CILJI IN HIPOTEZE NALOGE

Cilj diplomskega dela je:

analizirati faktorsko strukturo stohastične povezanosti med odvisno kriterijsko spremenljivko dolžino poletov in izbranimi kinematičnimi neodvisnimi spremenljivkami (zaletna hitrost, hitrost vetra, aerodinamični indeks leta in višina leta v točki 112 m).

Na osnovi zastavljenega cilja smo oblikovali naslednjo hipotezo:

H1: Med izbranimi neodvisnimi spremenljivkami zaletna hitrost, hitrost vetra, aerodinamični indeks leta in višina leta v točki 112 m obstajajo statistično neznačilne korelacije ($p > 0,05$) v posameznih serijah poletov na smučeh, kar pomeni, da so posamezne neodvisne spremenljivke pravzaprav med seboj neodvisni faktorji.

4. METODE DELA

4.1 Vzorec merjencev

V vzorec merjencev so zajeti smučarji skakalci, ki so nastopili na finalnem nedeljskem tekmovanju v obeh tekmovalnih serijah na svetovnem pokalu v poletih v Planici 2013. Podroben časovni pregled tekem je prikazan v tabeli 1.

Tabela 1: Seznam in časovni opis nedeljskih tekem v Planici 2013.

Dan tekmovanja	Vrsta tekmovanja	Čas tekmovanja	Število tekmovalcev
Nedelja, 24. 3. 2013	Posamično, prva serija	10:00 h–10:53 h	30
	Posamično, druga serija	11:15 h–12:03 h	30

Rezultati tekmovalcev so povzeti iz spletne strani www.fis-ski.com in so prikazani v tabeli 2.

Tabela 2: Seznam in rezultati tekmovalcev, ki so nastopili na posamični tekmi v nedeljo, 24. 3. 2013, prva in druga serija (prvi del).

FIS		FIS Ski Jumping World Cup presented by Viessmann										FIS®						
SKI JUMPING WORLD CUP		35th World Cup Competition Planica (SLO)										SUN 24 MAR 2013						
VISSMANN		Flying Hill Individual										Start Time: 10:00						
		Official Results										Finish Time: 12:03						
Jury / Competition Management				Judges					Hill Data									
Race Director (RD)		HOFER Walter (FIS)			A		KOMOVEC Saso (SLO)			Hill Size (HS)		215 m						
Technical Delegate (TD)		PALSRUD Bernt (NOR)			B		BOESCH Ernst (SUI)			K-Point		185 m						
Chief of Competition		GROS Gabrijel (SLO)			C		LARSEN Joern (NOR)			Meter Value		1.2 Points/m						
Assistant TD		SALVI Franck (FRA)			D		SLAVIK Josef (CZE)			Gate Factor		7.74 Points per m						
Assistant RD		TEPES Miran (FIS)			E		BACHMAYER Johann (AUT)			Wind Factor		12.00 Points per m/s						
Equipment Control		GRATZER Sepp (FIS)								WC Hill Record		239.0 m						
										20 MAR 2005 ROMOEFEN B. NOR G.S.HOLMSTRA								
Rank	Bib	Name	Nat	Speed	Distance	Judges Marks					Gate / Wind Compensation		Round	Round	Total			
		Club	Date of birth	(km/h)	(m)	Points	A	B	C	D	E	Points	Gate	Points	(m/s)	Points	Total	Rank
1.	26	TEPES Jurij SD Delonci	SLO	105.9 105.9	217.0 214.0	158.4 154.8	19.5	20.0	19.5	19.5	19.0	58.5 57.5	21 22	-0.11 0.42	1.3 -5.0	218.2 207.3	1. 6.	425.5
2.	11	VELTA Rune Lommedalen II	NOR	105.1 105.3	207.5 217.5	147.0 159.0	19.0	19.5	19.0	19.0	18.5	57.0 58.0	21 22	-0.03 -0.19	0.4 2.3	204.4 219.3	6. 1.	423.7
3.	28	PREVC Peter SK Triglav Kranj	SLO	105.7 105.8	218.0 212.5	159.6 153.0	18.0	17.5	18.5	18.0	17.0	53.5 57.5	21 22	0.03 0.06	-0.4 -0.7	212.7 209.8	2. 5.	422.5
4.	12	KASAI Noriaki Tauchiya Home Ski Team	JPN	105.0 105.3	207.0 217.5	146.4 159.0	17.0	17.5	17.0	16.5	18.0	51.5 55.5	21 22	-0.25 -0.20	3.0 2.4	200.9 216.9	9. 2.	417.8
5.	23	ZYLA Piotr KS Wisla Ustronianka	POL	104.7 105.3	201.5 216.0	139.8 157.2	17.5	17.5	17.5	18.0	17.0	52.5 57.0	21 22	-0.14 -0.12	1.7 1.4	194.0 215.6	14. 3.	409.6
6.	30	KRANJEC Robert SK Triglav Kranj	SLO	105.3 105.7	206.5 209.5	145.8 149.4	18.5	18.5	18.0	18.5	18.5	55.5 55.0	21 22	-0.13 -0.20	-1.6 2.4	199.7 206.8	10. 7.	406.5
6.	1	KORNILOV Denis Sduzhor N. Novgorod Dinamo	RUS	105.5 106.5	204.5 213.5	143.4 154.2	17.5	17.5	17.5	17.5	17.0	52.5 51.0	21 22	-0.01 -0.44	0.1 5.3	196.0 210.5	13. 4.	406.5
8.	24	STOCH Kamil WKS ZAKOPANE	POL	104.8 105.2	205.5 207.0	144.6 146.4	18.5	18.5	19.0	19.0	19.0	56.5 54.5	21 22	-0.30 -0.04	3.6 0.5	204.7 201.4	4. 9.	406.1
9.	20	FREUND Severin WSV DUK Rauschaich	GER	105.6 105.8	206.5 205.5	145.8 144.6	19.0	19.0	19.0	18.5	18.5	56.5 55.5	21 22	-0.19 -0.02	2.3 0.2	204.6 200.3	5. 11.	404.9
10.	25	NEUMAYER Michael SK Berchtesgaden	GER	105.9 106.0	209.0 204.5	148.8 143.4	18.0	18.5	16.5	17.0	18.0	53.0 53.5	21 22	-0.37 0.11	4.4 -1.3	206.2 195.6	3. 13.	401.8
11.	31	SCHLIERENZAUER Gregor SV Innsbruck-Bergisel	AUT	105.4 105.6	198.5 210.0	136.2 150.0	17.5	18.0	17.5	18.0	17.5	53.0 55.5	21 22	-0.39 -0.11	4.7 1.3	193.9 206.8	15. 7.	400.7
12.	27	MATURA Jan Dukla Liberec	CZE	105.0 105.5	199.0 202.5	136.8 141.0	18.0	18.0	18.5	18.5	18.5	55.0 56.0	21 22	-0.38 -0.32	4.6 3.8	196.4 200.8	12. 10.	397.2
13.	29	STJERNEN Andreas Sprova IL	NOR	105.6 105.9	210.5 199.0	150.6 136.8	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	55.5 54.0	21 22	0.26 -0.27	-3.1 3.2	203.0 194.0	8. 14.	397.0
14.	22	LOITZL Wolfgang WSC Bad Mitterndorf	AUT	106.3 106.3	207.5 194.5	147.0 131.4	18.5	19.0	19.0	19.0	18.5	56.5 55.5	21 22	0.03 -0.29	-0.4 3.5	203.1 190.4	7. 17.	393.5
15.	19	KOCH Martin SV Villach	AUT	106.1 106.3	198.5 202.0	136.2 140.4	18.0	18.0	17.5	17.5	17.5	53.0 52.5	21 22	-0.22 -0.28	2.6 3.4	191.8 196.3	17. 12.	388.1
16.	16	BARDAL Anders Steinkjer Skiklubb	NOR	106.0 106.1	196.0 196.5	133.2 133.8	17.5	17.5	18.0	17.5	17.5	52.5 53.5	21 22	-0.24 -0.21	2.9 2.5	188.6 189.8	18. 18.	378.4
17.	15	ITO Daiki Magmik Snow Brand Ski Team	JPN	104.9 105.3	188.0 199.0	123.6 136.8	17.5	17.0	17.5	17.0	17.0	51.5 54.0	21 22	-0.22 -0.20	2.6 2.4	177.7 193.2	23. 15.	370.9
18.	18	KOT Maciej AZS Zakopane	POL	104.9 105.4	191.0 194.0	127.2 130.8	17.5	17.0	17.0	17.0	17.5	51.5 52.5	21 22	-0.45 -0.25	5.4 3.0	184.1 186.3	19. 20.	370.4
19.	4	HLAVA Lukas Dukla Liberec	CZE	105.8 106.1	197.0 186.5	134.4 121.8	17.5	18.5	17.0	18.0	18.0	53.5 49.0	21 22	-0.35 -0.41	4.2 4.9	192.1 175.7	16. 22.	367.8
20.	21	FREITAG Richard SG Nickelhutte Aue	GER	105.3 105.0	202.5 183.5	141.0 118.2	18.5	19.0	18.5	18.5	18.5	55.5 46.0	21 22	-0.23 -0.27	2.8 3.2	199.3 167.4	11. 26.	366.7
21.	3	KUBACKI Dawid TS Wisla Zakopane	POL	105.3 105.7	189.0 190.5	124.8 126.6	17.5	17.5	17.5	17.5	17.5	52.5 52.5	21 22	-0.14 -0.45	1.7 5.4	179.0 184.5	22. 21.	363.5
22.	9	KRAFT Stefan SV Schwarzach	AUT	105.3 105.6	182.0 197.5	116.4 135.0	17.0	16.5	17.5	16.5	17.0	50.5 53.5	21 22	-0.41 -0.25	4.9 3.0	171.8 191.5	25. 16.	363.3
23.	2	FETTLNER Manuel SV Innsbruck-Bergisel	AUT	105.1 105.5	193.0 184.5	129.6 119.4	17.5	18.0	18.0	17.5	17.5	53.0 52.0	21 22	-0.05 -0.17	0.6 2.0	183.2 173.4	20. 25.	356.6
24.	7	POGRAJIC Andraz SSK Costella Ilija	SLO	105.3 105.6	186.0 185.5	121.2 120.6	17.0	17.5	17.5	17.0	16.5	51.5 52.5	21 22	-0.20 -0.22	2.4 2.6	175.1 175.7	24. 22.	350.8
25.	14	HILDE Tom Aaker Skiklubb	NOR	105.6 105.6	184.0 186.0	118.8 121.2	17.5	17.5	18.0	17.0	17.0	52.0 51.0	21 22	0.02 -0.28	-0.2 3.4	170.6 175.6	27. 24.	346.2
26.	10	COLLOREDO Sebastian G.S. Fiamme Gialle	ITA	104.6 104.9	178.5 176.0	112.2 109.2	16.5	16.5	17.5	17.0	17.0	50.5 51.0	21 22	-0.71 -0.41	8.5 4.9	171.2 165.1	26. 27.	336.3

Tabela 3: Seznam in rezultati tekmovalcev, ki so nastopili na posamični tekmi v nedeljo, 24. 3. 2013, prva in druga serija (drugi del).

FIS		FIS Ski Jumping World Cup presented by Viessmann													FIS®		
SKI JUMPING WORLD CUP		35th World Cup Competition															
VISSMANN		Planica (SLO)															
Flying Hill Individual															SUN 24 MAR 2013		
Official Results															Start Time: 10:00		
															Finish Time: 12:03		
Rank	Bib	Name Club	Nat	Speed [km/h]	Distance [m]	Distance Points	Judges Marks					Judges Points	Gate / Wind Compensation		Round Round	Total	
			Date of birth				A	B	C	D	E	Gate	Points	[m/s]	Points	Total	Rank
27.	17	FANNEMEL Anders Homindal II	NOR	104.6	159.5	89.4	15.0	15.5	15.5	14.5	15.0	45.5	21	-0.70	8.4	143.3	30.
			13 MAY 1991	104.7	197.5	135.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	54.0	22	-0.04	0.5	189.5	19.
28.	5	TAKEUCHI Taku Kitano Construction Corp. Ski Club	JPN	104.6	182.5	117.0	17.5	17.5	17.0	17.0	17.0	51.5	21	-0.16	1.9	170.4	28.
			20 MAY 1987	104.8	171.5	103.8	17.0	16.5	16.5	16.5	17.0	50.0	22	-0.48	5.8	159.6	29.
29.	13	HAYBOECK Michael UVB Hirzenbach	AUT	106.1	183.5	118.2	16.5	16.5	16.5	16.0	16.5	49.5	21	0.08	-1.0	166.7	29.
			5 MAR 1991	105.8	171.5	103.8	16.0	15.5	16.0	16.5	16.5	48.5	22	-0.81	9.7	162.0	28.
30.	8	WANK Andreas WSV Oberhof 05	GER	106.1	190.5	126.6	17.5	18.0	18.0	17.5	17.5	53.0	21	-0.14	1.7	181.3	21.
			18 FEB 1988	106.1	175.5	108.6	9.0	9.5	7.5	9.5	10.0	28.0	22	-0.71	8.5	145.1	30.
Did Not Start																	
	6	WELLINGER Andreas	GER														
Competition / Weather Information																	
	Time	Base Values			Weather	Temp. Start / Finish (°C)		Humid. (%)	tan. Wind (m/s)								
		Wind	Gate	Length		Air	Snow		min.	max.	Avg.						
1st Round	10:00 - 10:53	0.00	21	109.22m	cloudy	-3.0	-2.5	-9.9	-9.9	89 / 88	-0.71	0.26	-0.20				
Final Round	11:15 - 12:03	0.00	22	109.76m	lightly snowfall	-3.0	-3.0	-8.6	-8.6	89 / 89	-0.81	0.42	-0.24				
Statistics																	
	Gate		Athletes	Falls	Distance (m)			Speed (km/h)			Competitors / Nations						
	No.	Diff			min.	max.	Avg.	min.	max.	Avg.	in start list	started	with results				
1st Round	21		30	0	159.5	218.0	196.6	104.6	106.3	105.3	31/9	30/9	30/9				
Final Round	22		30	1	171.5	217.5	197.3	104.7	106.5	105.6	30/9	30/9	30/9				
Technical Delegate (TD):						Chief of Competition:											
PALSRUD Bertil (NOR)						GROS Gabrijel (SLO)											
Legend																	
Avg.	Average			Humid.	Humidity			max.	maximum								
min.	minimum																
Data Service by Swiss Timing																	
www.fisiskijumping.com																	
FIS Data Provider KONICA MINOLTA																	
SUM90102_73C3 1.0 report created 24 MAR 2013 12:04 Page 2 of 2																	

4.2. Vzorec spremenljivk

Vzorec spremenljivk je povzet iz raziskave Jošta in sodelavcev v letu 2013 (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013). Zajete in proučevane so bile naslednje spremenljivke:

Dolžina poletov (m) – DS

Podatki so izmerjeni in pridobljeni iz uradnih rezultatov Mednarodne smučarske zveze FIS.

Zaletna hitrost (m/s) – ZH

Podatki so izmerjeni in pridobljeni iz uradnih rezultatov Mednarodne smučarske zveze FIS.

Točke vetrovne izravnave - W

Podatki so izmerjeni in pridobljeni iz uradnih rezultatov Mednarodne smučarske zveze FIS.

Višina krivulje leta (m) – VL

Višina krivulje leta je bila izmerjena v točki oddaljeni 112 m od roba odskočne mize glede na snežno podlago doskočišča letalnice. Kamera je bila postavljena na desni strani letalnice na sodniškem stolpu. Izmerjena je bila vertikalna razdalja med osjo kolčnega sklepa skakalca med letom in višino osi senzorja za veter na višini 4,5 metra nad snežno podlago.



Slika 5: Metoda merjenja spremenljivke višina krivulje leta (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013).

Aerodinamični indeks leta - AI

Izračunan je kot razmerje med vertikalno in horizontalno razdaljo skrajnih točk sistema telesmuči v točki 112 m v vodoravni ravnini.

Formula za izračun: $AI = \frac{\Delta Y}{\Delta X}$

ΔX je horizontalna razdalja najbolj oddaljenih točk na telesu in smučeh smučarja skakalca.
 ΔY vertikalna razdalja najbolj oddaljenih točk.



Slika 6: Prikaz vodoravne in vertikalne razdalje uporabljenih pri izračunu aerodinamičnega indeksa leta (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013).

4.3. Obdelava podatkov

Za vsako spremenljivko je bila v raziskavi izračunana osnovna statistika:

- minimalni rezultat – MIN
- maksimalni rezultat – MAX
- povprečna vrednost – M
- standardni odklon – SD

Struktura medsebojne povezanost spremenljivk je bila proučevana s faktorsko analizo.

V prvem koraku je bila izračunana velikost linearnih koeficientov korelacije.

V drugem koraku so bile izračunane glavne komponente in njihovi deleži v okviru celotne veljavne variance. Število značilnih faktorjev je bilo omejeno na tiste, katerih lastna vrednost je bila večja od ena (Kaiser-Gutmanov kriterij).

Struktura faktorskih komponent je bila določena s pomočjo faktorskih uteži po izvedeni poševno kotni rotaciji osnovnih faktorskih komponent.

5. REZULTATI IN RAZPRAVA

5.1 Rezultati osnovne statistične analize

Za izračun osnovne statistike so bili uporabljeni rezultati (Tabela 4 in 5) raziskave Jošta in sodelavcev v letu 2013 (Jošt, Ulaga in Vodičar, 2013).

Rezultati spremenljivk dolžina skoka, zaletna hitrost, aerodinamični indeks plovnosti, točke vetrovne izravnave in višina leta, izmerjenih na vseh smučarjih skakalcih, ki so tekmovali na posamičnem tekmovanju v nedeljo, prva serija, čas tekmovanja 10.00–10:53, zaletno mesto št. 21, so prikazani v tabeli 4.

Tabela 4: Rezultati spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 1. serija, zaletno mesto št. 21, n=30.

Mesto	Priimek in ime	DS	ZH	Ak	W	VL
1.	Tepeš Jurij	217,0	105,9	0,23	1,3	7,4
2.	Velta Rune	207,5	105,1	0,20	0,4	6,8
3.	Prevc Peter	218,0	105,7	0,20	-0,4	6,6
4.	Kasai Noriaki	207,0	105,0	0,19	3,0	4,8
5.	Zyla Piotr	201,5	104,7	0,28	1,7	5,6
6.	Kranjec Robert	206,5	105,3	0,20	-1,5	3,6
7.	Kornilov Denis	204,5	105,5	0,22	0,1	6,1
8.	Stoch Kamil	205,5	104,8	0,26	3,6	7,3
9.	Freund Severin	206,5	105,6	0,23	2,3	6,5
10.	Neumayer Michael	209,0	105,9	0,28	4,4	5,8
11.	Schirenzauer Gregor	198,5	105,4	0,27	4,7	6,0
12.	Matura Jan	199,0	105,0	0,19	4,6	5,4
13.	Stjernen Andreas	210,5	105,6	0,25	-3,1	7,9
14.	Loitzl Wolfgang	207,5	106,3	0,20	-0,4	7,0
15.	Koch Martin	198,5	106,1	0,24	2,6	4,8
16.	Bardal Anders	196,0	106,0	0,23	2,9	6,3

17.	Ito Daiki	188,0	104,9	0,27	2,6	2,9
18.	Kot Maciej	191,0	104,9	0,21	5,4	5,1
19.	Hlava Lukas	197,0	105,8	0,29	4,2	7,4
20.	Freitag Richard	202,5	105,3	0,26	2,8	7,3
21.	Kubacki David	189,0	105,3	0,26	1,7	7,2
22.	Kraft Stefan	182,0	105,3	0,23	4,9	4,8
23.	Fettner Manuel	193,0	105,1	0,19	0,6	6,1
24.	Pograjc Andraž	186,0	105,3	0,26	2,4	5,7
25.	Hilde Tom	184,0	105,6	0,24	-0,2	5,5
26.	Collredo Sebastian	178,5	104,6	0,23	8,5	5,8
27.	Fannemel Anders	159,5	104,6	0,31	8,4	3,6
28.	Takeuchi Taku	182,5	104,6	0,22	1,9	4,7
29.	Hayboeck Michael	183,5	106,1	0,30	-1,0	6,0
30.	Wank Andreas	190,5	106,1	0,26	1,7	6,0

Legenda: DS – dolžina skoka (m), ZH – zaletna hitrost (km/h), AI – aerodinamični indeks plovnosti, W – točke vetrovne izravnave, VL – višina leta (m)

Na prvi nedeljski seriji so vsi tekmovalci startali iz enotnega zaletnega mesta 21, saj so bili zagotovljeni dokaj podobni vetrni pogoji skozi celotno serijo. Vetrna izravnava pri posameznih skakalcih se je gibala od -3,1 do 8,5 točk. Peter Prevc je imel pri skoku nekoliko boljše vetrne pogoje, kar je dobro izkoristil, saj je dosegel najdaljšo dolžino prve serije. Vendar pa s sistemom vetrne izravnave poenotimo pogoje vseh skakalcev, zato je kljub najdaljšem poletu po številu točk zasedel tretje mesto.

Rezultati spremenljivk dolžina skoka, zaletna hitrost, aerodinamični indeks plovnosti, točke vetrovne izravnave in višina leta, izmerjenih na vseh smučarjih skakalcih, ki so tekmovali na posamičnem tekmovanju v nedeljo, druga serija, čas tekmovanja 11:15–12:03, zaletno mesto št. 22, so prikazani v tabeli 5.

Tabela 5: Rezultati spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 2. serija, zaletno mesto št. 22, n=30.

Mesto	Priimek in ime	DS	ZH	Ak	W	VL
1.	Tepeš Jurij	214,0	105,9	0,23	-5,0	7,5
2.	Velta Rune	217,5	105,3	0,21	2,3	6,8
3.	Prevc Peter	212,5	105,6	0,22	-0,7	6,9
4.	Kasai Noriaki	217,5	105,3	0,22	2,4	6,1
5.	Zyla Piotr	216,0	105,3	0,26	1,4	6,0
6.	Kranjec Robert	209,5	105,7	0,22	2,4	4,4
7.	Kornilov Denis	213,5	106,5	0,21	5,3	5,7
8.	Stoch Kamil	207,0	105,2	0,26	0,5	8,1
9.	Freund Severin	205,5	105,8	0,22	0,2	7,0
10.	Neumayer Michael	204,5	106,0	0,29	-1,3	7,2
11.	Schlirenzauer G,	210,0	105,6	0,29	1,3	7,8
12.	Matura Jan	202,5	105,5	0,22	3,8	6,7
13.	Stjernen Andreas	199,0	105,9	0,22	3,2	6,8
14.	Loitzl Wolfgang	194,5	106,3	0,19	3,5	5,8
15.	Koch Martin	202,0	106,3	0,24	3,4	5,8
16.	Bardal Anders	196,5	106,1	0,22	2,5	6,2
17.	Ito Daiki	199,0	105,3	0,26	2,4	4,5
18.	Kot Maciej	194,0	105,4	0,22	3,0	5,3
19.	Hlava Lukas	186,5	106,1	0,27	4,9	7,3
20.	Freitag Richard	183,5	105,0	0,28	3,2	6,5
21.	Kubacki David	190,5	105,7	0,26	5,4	6,7

22.	Kraft Stefan	197,5	105,6	0,18	3,0	4,6
23.	Fettner Manuel	184,5	105,5	0,28	2,0	5,8
24.	Pograjc Andraž	185,5	105,6	0,25	2,6	5,6
25.	Hilde Tom	186,0	105,6	0,20	3,4	5,2
26.	Collloredo S,	176,0	104,9	0,20	4,9	4,7
27.	Fannemel Anders	197,5	104,7	0,25	0,5	5,3
28.	Takeuchi Taku	171,5	104,8	0,26	5,8	4,0
29.	Hayboeck Michael	171,5	105,8	0,28	9,7	5,4
30.	Wank Andreas	175,5	106,1	0,29	8,5	5,8

Legenda: DS – dolžina skoka (m), ZH – zaletna hitrost (km/h), AI – aerodinamični indeks plovnosti, W – točke vetrovne izravnave, VL – višina leta (m)

V drugi nedeljski seriji lahko opazimo, da je imel Jurij Tepeš zelo dobre vetrne pogoje, za kar je prejel odbitek petih točk. Kljub četrti dolžini serije je zasedel prvo mesto, najverjetneje zaradi prefinjenega estetskega sloga. Najdaljša skoka serije (Reune in Noriaki s 217,5 m) sta bila dosežena pod skoraj enakimi pogoji in če primerjamo njuno dolžino poleta z dolžinami najslabše uvrščenih, lahko opazimo večje razlike v spremenljivkah le pri jakosti vetra. Njune vrednosti so se gibale blizu povprečnih vrednosti serije (2,8 točk), med tem ko so bile vrednosti zadnjih treh z najslabšo dolžino skoka višje od pet. Slabše vetrne razmere torej pogojujejo dolžino skoka.

Rezultati osnovne statistične analize izbranih kinematičnih spremenljivk nedeljske prve serije posamično so prikazani v tabeli 6.

Tabela 6: Rezultati osnovne statistične analize spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 1. serija, zaletno mesto št. 21, n=30.

	N	MIN	MAX	MEAN	SD
DS	30	159,5	218,0	196,67	12,8
ZH	30	104,6	106,3	105,38	0,5
AI	30	0,19	0,31	0,24	0,03
WIND	30	-3,1	8,5	2,34	2,6
VL	30	2,9	7,9	5,87	1,2

Legenda: DS – dolžina skoka (m), ZH – zaletna hitrost (km/h), AI – aerodinamični indeks plovnosti, W – točke vetrovne izravnave, VL – višina leta (m)

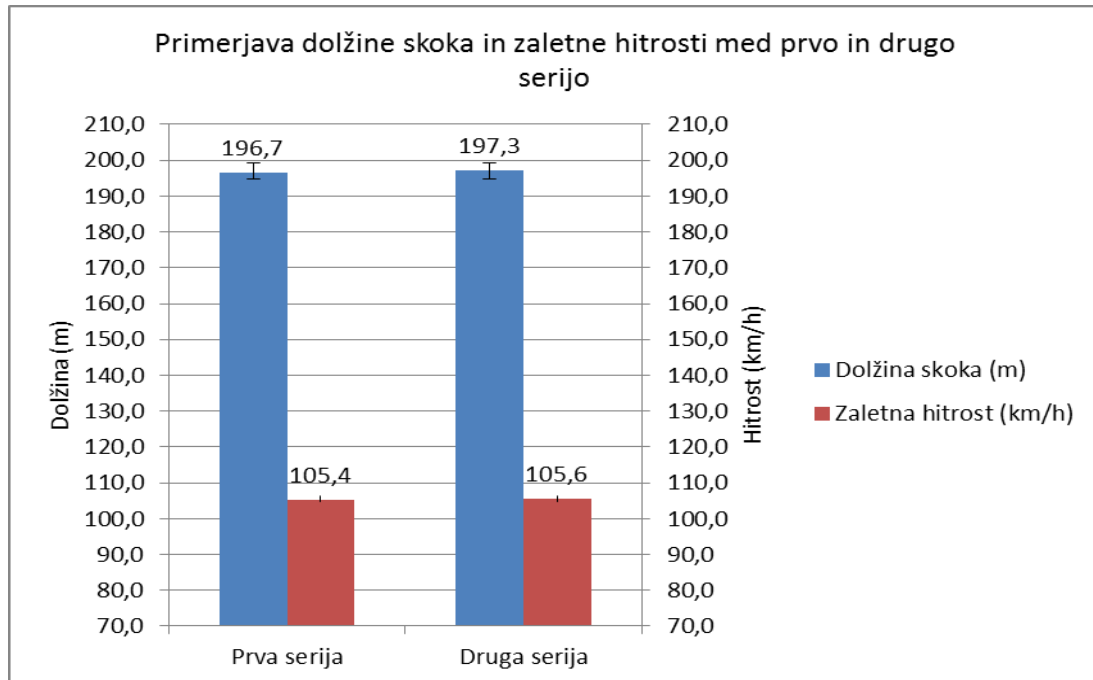
Rezultati osnovne statistične analize izbranih kinematičnih spremenljivk nedeljske druge serije posamično so prikazani v tabeli 7.

Tabela 7: Rezultati osnovne statistične analize spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 2. serija, zaletno mesto št. 22, n=30.

	N	MIN	MAX	MEAN	SD
DS	30	171,5	217,5	197,3	13,8
ZH	30	104,7	106,5	105,6	0,45
AI	30	0,18	0,29	0,24	0,03
WIND	30	-5,0	9,7	2,82	2,8
VL	30	4,0	8,1	6,05	1,05

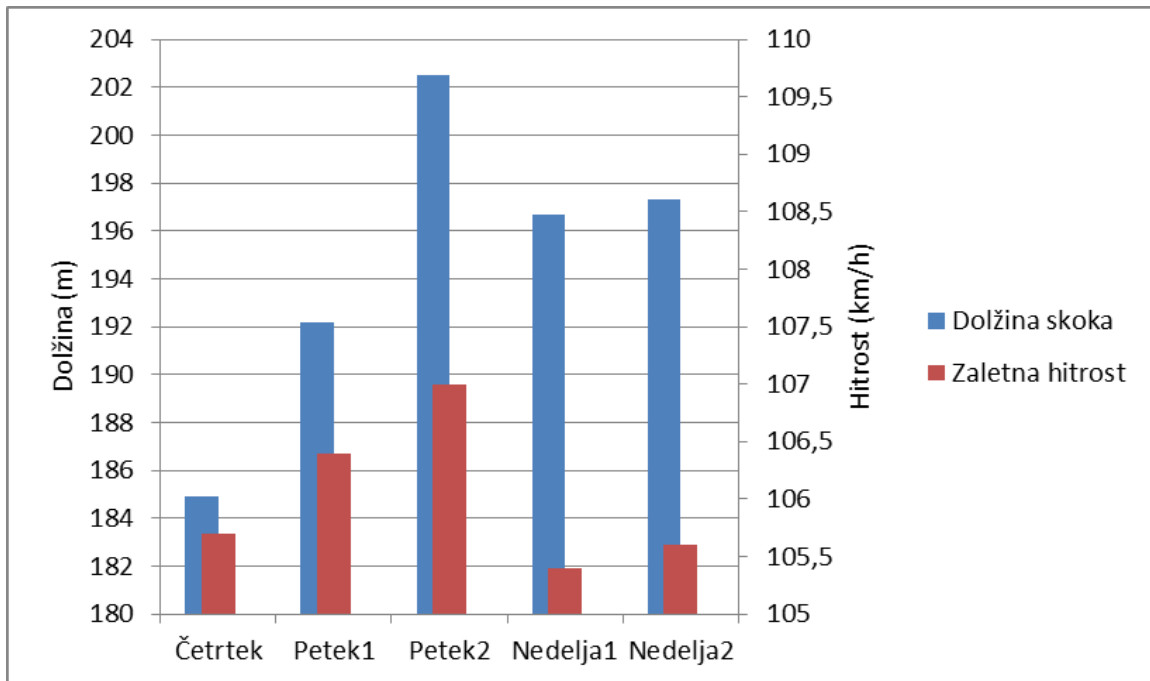
Legenda: DS – dolžina skoka (m), ZH – zaletna hitrost (km/h), AI – aerodinamični indeks plovnosti, W – točke vetrovne izravnave, VL – višina leta (m)

Povprečna dolžina poletov prve in druge serije je bila praktično enaka (Slika 7). Podobno velja tudi za standardno razpršenost rezultatov okoli aritmetične sredine.



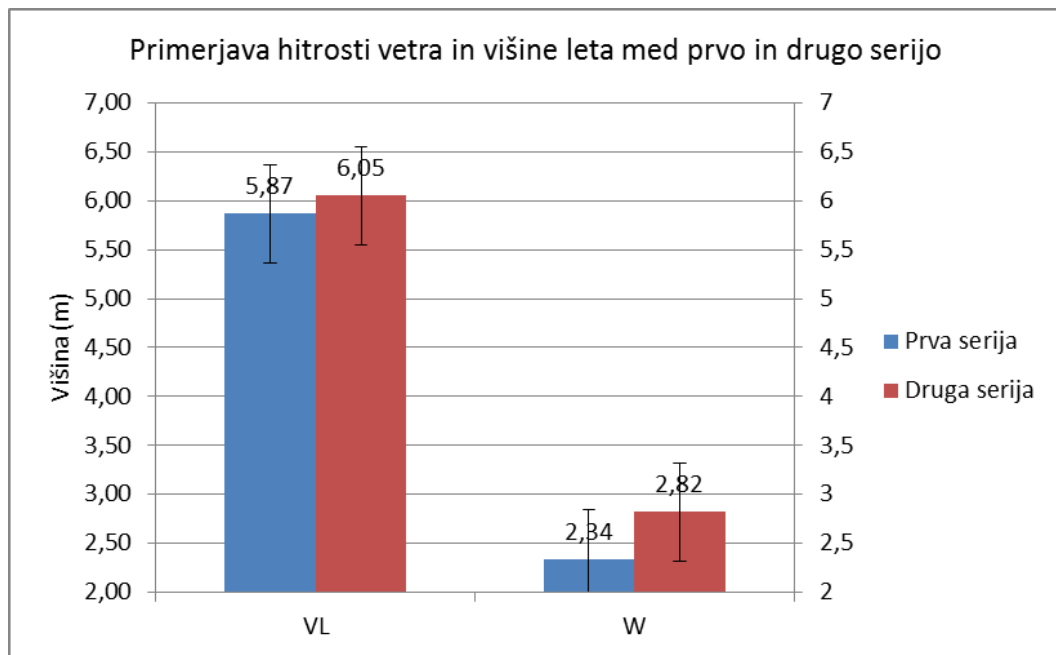
Slika 7: Primerjava povprečnih vrednosti spremenljivk dolžina skoka in zaletna hitrost med prvo in drugo nedeljsko serijo.

Povprečna dolžina poletov v obeh nedeljskih serijah tekmovanja je bila glede na vse posamične serije tekmovanj v Planici 2013 nadpovprečno visoka (uporabljeni so bili podatki raziskave Jošta in sodelavcev v letu 2013). Višja je bila le v finalni seriji na petkovem popoldanskem tekmovanju. Ta serija poletov pa je bila izvedena ob znatno višji povprečni zaletni hitrosti (Slika 8).



Slika 8: Primerjava povprečne vrednosti dolžine skoka in povprečne zaletne hitrosti vseh posamičnih tekem (četrtek – kvalifikacije, petek – 1. in 2. serija, nedelja – 1. in 2. serija) na finalnem pokalnem tekmovanju v Planici 2013.

Aritmetični sredini spremenljivke višine leta sta bili v obeh serijah poletov dokaj podobni (Slika 9). V drugi seriji poletov so skakalci v povprečju dosegli 13 cm višjo krivuljo leta. Temu so morda prispevale tudi v povprečju dokaj podobne vetrovne razmere na letalnici in dejstvo, da so v obeh serijah nastopili praktično isti tekmovalci.



Slika 9: Primerjava povprečnih vrednosti spremenljivk višina leta in točke vetrovne izravnave med prvo in drugo nedeljsko serijo.

5.2 Rezultati faktorske analize

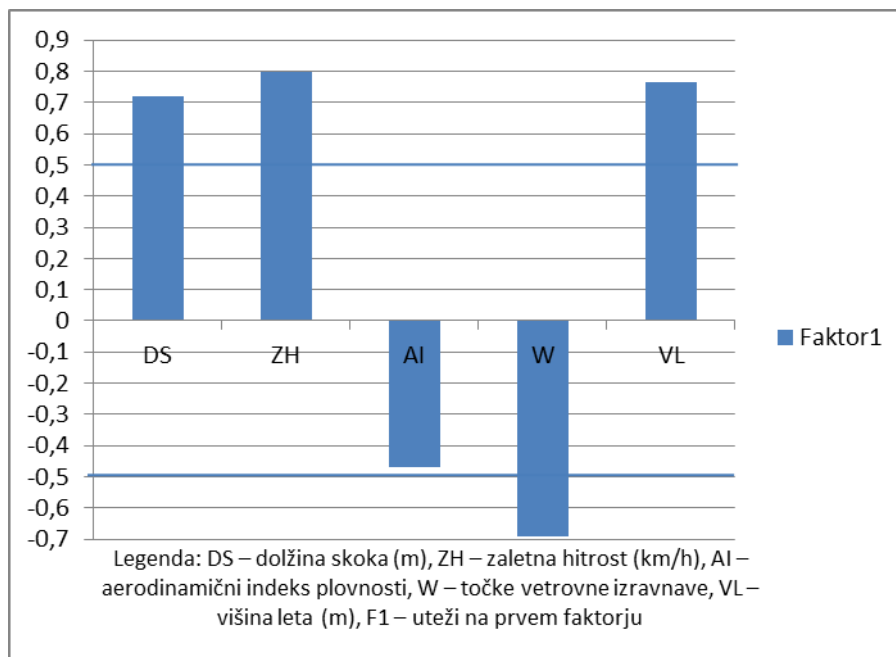
Rezultati faktorske analize manifestnih spremenljivk prve nedeljske serije so prikazani v tabeli 8 (rezultati so povzeti iz raziskave Jošta in sodelavcev v letu 2013).

Tabela 8: Rezultati faktorske analize med spremenljivkami prve nedeljske serije.

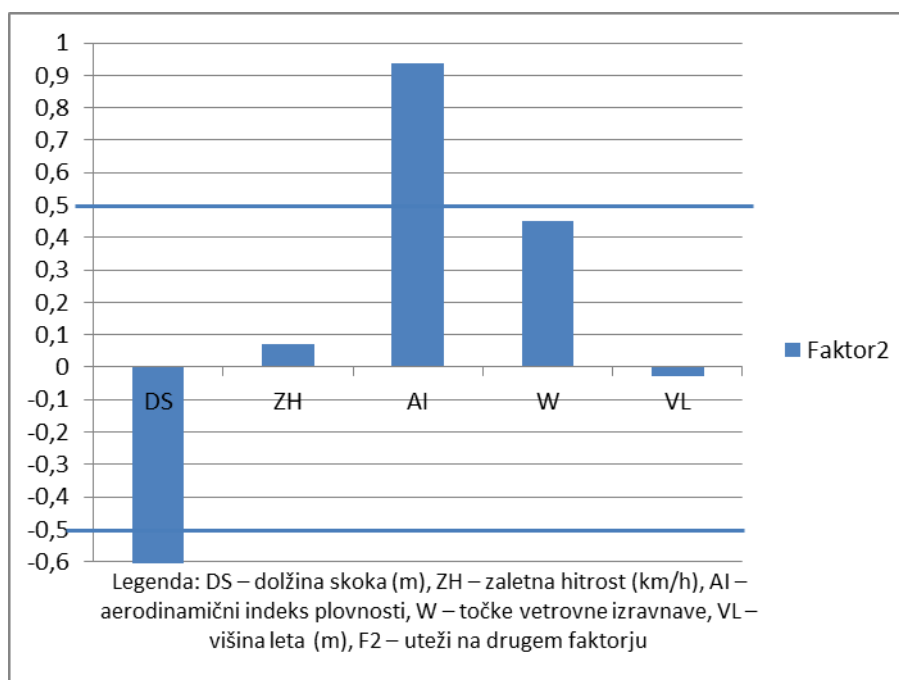
	DS	ZH	AI	WIND	VL	F1	F2	Cum.
DS	1,000	0,384	-0,407	-0,515	0,506	0,720	-0,605	0,760
ZH	0,384	1,000	0,058	-0,452	0,400	0,799	0,073	0,681
AI	-0,407	0,058	1,000	0,258	0,002	-0,047	0,936	0,889
WIND	-0,515	-0,452	0,258	1,000	-0,298	-0,689	0,452	0,593
VL	0,506	0,400	0,002	-0,298	1,000	0,764	-0,026	0,594
% pojasnjene variance						47,1	23,1	70,3

Legenda: DS – dolžina skoka (m), ZH – zaletna hitrost (km/h), AI – aerodinamični indeks plovnosti, W – točke vetrovne izravnave, VL – višina leta (m), F1 – uteži na prvem faktorju, F2 – uteži na drugem faktorju, Cum. – kumunaliteta spremenljivk na značilnih faktorjih

Izoblikovala sta se dva značilna faktorja, ki sta pojasnila 70,3 % celotne variance manifestnih spremenljivk. Spremenljivka dolžina skoka je v prvem faktorju v značilnem kolinearnem odnosu s spremenljivkami zaletna hitrost, hitrost vetra in višina krivulje leta. Na faktorju 2 dominira faktorska utež spremenljivke aerodinamični indeks plovnosti v negativnem odnosu s kriterijsko spremenljivko dolžino leta. Na slikah 10 in 11 so prikazane vrednosti spremenljivk, ki so izoblikovale prvi (F1) in drugi faktor (F2). Vrednosti faktorskih uteži nad 0,5 oziroma pod -0,5 so statistično značilne in dokaj dobro pojasnjujejo vsebino faktorjev.



Slika 10: Prikaz strukture faktorskih uteži na prvem značilnem faktorju, oblikovanem v prvi nedeljski seriji tekmovanja v Planici 2013.



Slika 11: Prikaz strukture faktorskih uteži na drugem značilnem faktorju, oblikovanem v prvi nedeljski seriji tekmovanja v Planici 2013.

Rezultati faktorjske analize manifestnih spremenljivk druge nedeljske serije so prikazani v tabeli 9.

Tabela 9: Rezultati faktorjske analize med spremenljivkami druge nedeljske serije (rezultati so povzeti iz raziskave Jošta in sodelavcev v letu 2013).

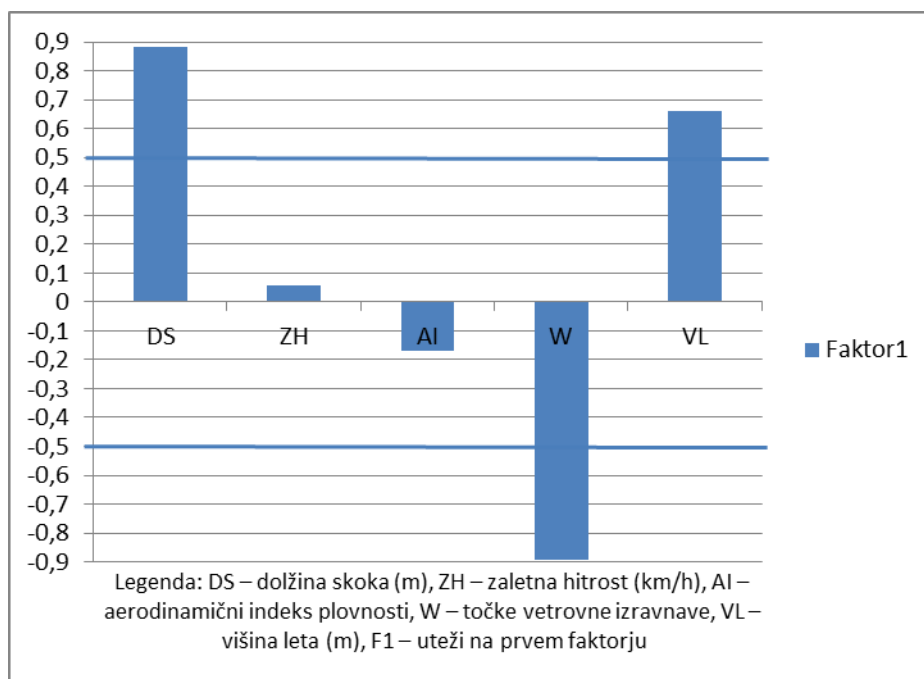
	DS	ZH	AI	WIND	VL	F1	F2	F3	Cum.
DS	1,000	0,152	-0,285	-0,662	0,439	0,882	-0,19	0,23	0,83
ZH	0,152	1,000	-0,098	0,103	0,256	0,059	-0,02	0,97	0,95
AI	-0,285	-0,098	1,000	0,119	0,268	-0,170	0,93	-0,09	0,91
WIND	-0,662	0,103	0,119	1,000	-0,439	-0,891	0,00	0,10	0,84
VL	0,439	0,256	0,268	-0,439	1,000	0,662	0,57	0,42	0,84
% pojasnjene variance						41,4	24,7	21,7	88,0

Legenda: DS – dolžina skoka (m), ZH – zaletna hitrost (km/h), AI – aerodinamični indeks plovnosti, W – točke vetrovne izravnave, VL – višina leta (m), F1 – uteži na prvem faktorju, F2 – uteži na drugem faktorju, F3 – uteži na tretjem faktorju, Cum. – kumunaliteta spremenljivk na značilnih faktorjih

Kovariabilnost manifestnih spremenljivk pri drugi nedeljski seriji je bilo mogoče v značilni meri pojasniti s tremi neodvisnimi faktorji.

Na slikah 12, 13 in 14 so prikazane vrednosti faktorjskih uteži spremenljivk, ki so izoblikovale F1, F2 in F3. Vrednosti nad 0,5 oziroma pod -0,5 so statistično značilne in pojasnjujejo obstoj faktorjev.

Na prvem faktorju je imela najvišjo projekcijo spremenljivka hitrost vetra. Sledila je projekcija faktorjske uteži kriterijske spremenljivke dolžine poleta. Značilno projekcijo faktorjske uteži je imela še spremenljivka višina leta.

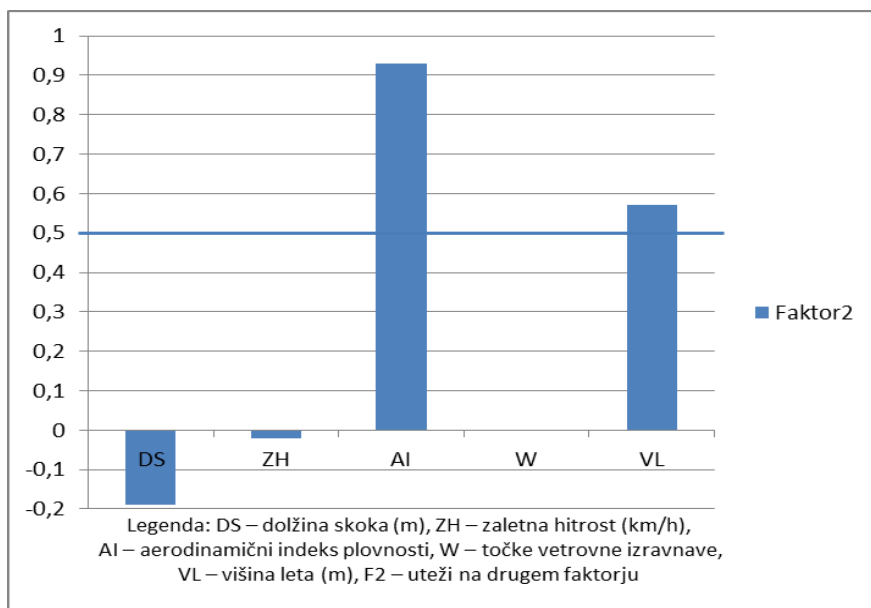


Slika 12: Prikaz rezultatov faktorjske analize druge nedeljske serije, kjer se je oblikoval

Faktor 1.

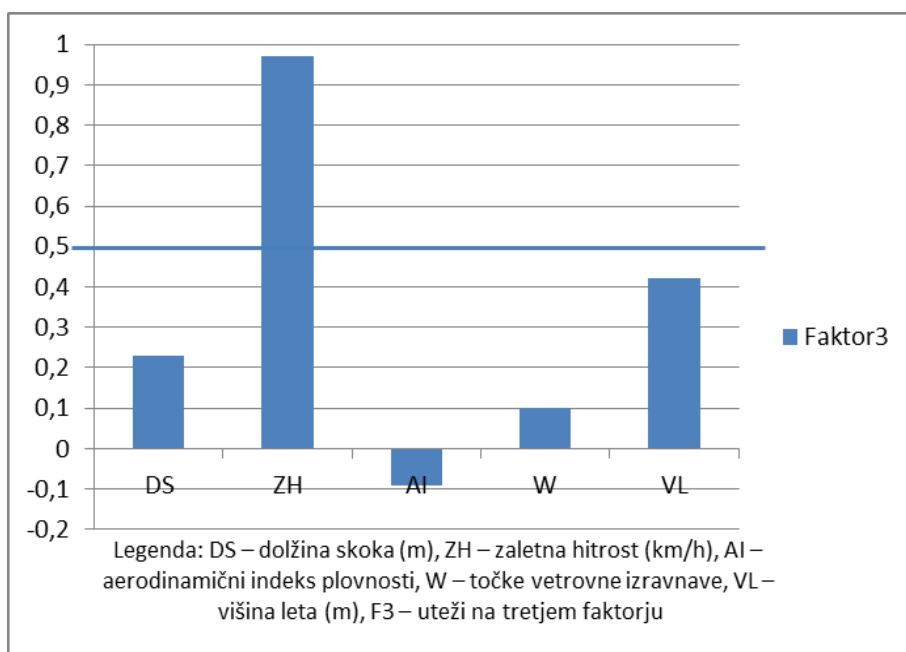
Spremenljivka hitrost vetra oziroma točke vetrovne izravnave je bila v veliki povezanosti z dolžino poletov. Vrednosti so negativne, kar pomeni, da je bil veter v veliko pomoč skakalcem, saj je bil usmerjen v prsi.

Na drugem faktorju je prevladovala projekcija manifestne spremenljivke aerodinamični indeks plovnosti in višina leta. Na tretjem faktorju je dominirala projekcija spremenljivke aerodinamični indeks.



Slika 13: Prikaz rezultatov faktorjske analize druge nedeljske serije, kjer se je oblikoval Faktor 2.

Na tretjem neodvisnem faktorju je prevladovala edina značilna projekcija faktorjske uteži spremenljivke zaletna hitrost. Kriterijska spremenljivka dolžina poletov je imela na tem faktorju povsem neznačilno projekcijo faktorjske uteži.



Slika 14: Prikaz rezultatov faktorjske analize druge nedeljske serije, kjer se je oblikoval Faktor 3.

6. SKLEP

Namen diplomske naloge je bil analizirati faktorsko strukturo povezanosti med odvisno spremenljivko dolžina poletov in kinematičnimi spremenljivkami zaletna hitrost, hitrost vetra, aerodinamični indeks leta in višina leta v točki 112 m na vzorcu najboljših smučarjev skakalcev na svetu, ki so nastopili na finalnih tekmovanjih za svetovni pokal v Planici v sezoni 2012/2013.

Podatki so bili povzeti iz raziskovalnega projekta Inštituta za šport z naslovom »Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev (n=30) na finalu svetovnega pokala v Planici 2013«. Analizirali smo podatke obeh serij zadnje nedeljske tekme 24.03.2014, saj so bili za skakalce zagotovljeni najbolj enakovredni pogoji (nastopili so isti tekmovalci, zaletno mesto znotraj serije je bilo enako).

Izločenih je bilo več faktorjev, znotraj katerih so bile spremenljivke različno povezane. V prvi nedeljski seriji sta se izoblikovala dva neodvisna faktorja, kjer sta oba posedovala značilni projekciji kriterijske spremenljivke dolžina poletov. V drugi seriji so se izoblikovali trije med seboj neodvisni faktorji, kjer je na prvem poleg kriterijske spremenljivke dolžina poleta prevladovala tudi projekcija spremenljivke hitrosti vetra.

Postavljeno hipotezo lahko delno sprejmemo, saj spremenljivke niso povsem neodvisno povezane. Spremenljivka hitrost vetra naj bi bila glede na prejšnje raziskave neodvisna, vendar se je pri analizi nedeljskih serij pokazala ravno obratna značilnost. To pomeni, da so pri vsaki seriji zagotovljeni drugačni vetrni pogoji, kar pozitivno ali negativno vpliva na dolžino poleta.

Na osnovi teh ugotovitev bodo lahko trenerji lažje načrtovali program priprave skakalcev ob zavedanju, da pravzaprav vsaka neodvisna spremenljivka uporabljena v tej raziskavi pomeni relativno neodvisno vsebinsko torišče priprave smučarjev skakalcev. Nobenega od teh se ne sme zanemariti oziroma preveč podariti, saj bi s tem negativno vplivali z vidika celostne priprave in upoštevanja čim večjega števila bistvenih dejavnikov uspešnosti smučarjev skakalcev.

7. VIRI

- Giacomelli, O., Guček, A. (2013). *Na krilih smučarskih skakalcev: ob osemdesetletnici prve mednarodne prireditve v Planici leta 1934*. Ljubljana: Schwarz print.
- Mihelič, S. (2006). *Polet - uresničil Bloudkovo idejo : ob 45-letnici svetovnega rekorda Jožeta Šlibarja v smučarskih poletih*. Šenčur: Si sport.
- Jošt, B. (2009). *Teorija in metodika smučarskih skokov*. Ljubljana : Fakulteta za šport
- Jošt, B., Čoh, M. (2000). *Biomechanical characteristics of technique in certain chosen sports: Factor analysis of kinematic parameters of the flight phase in ski jump*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Jošt, B., Ulaga, M., Vodičar, J. (2013). *Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala v Planici 2013*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Jošt, B., Vaverka, F. (1988). *Osnove biomehanike smučarskega skoka*. Ljubljana
- Jošt, B., Vodičar, J., Štuhec, S., Vertič, R. (2009). *Kinematična analiza krivulje leta smučarjev skakalcev na finalu svetovnega pokala Planica 2009*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Pustovrh, J., Jošt, B., Čoh, M. (2000). *Biomechanical characteristics of technique in certain chosen sports: Correlation between the potential morphologic-motor index of ski-jumpers and their competitive success*. Ljubljana: Fakulteta za šport.
- Šimnovec, M. (23.6.2011). *Primož Peterka: šampion, kakršnega na smučeh še nismo imeli*. Delo. Pridobljeno 10.8.2014 s <http://www.delo.si/sport/zimski-sporti/primoz-peterka-sampion-kakrsnega-na-smuceh-se-nismo-imeli.html>
- Tepeš, M. (27.3.2013). *Skupni imenovalec ali kako se oceni skok*. Polet. Pridobljeno 12.8.2014 s <http://www.polet.si/telo-um/skupni-imenovalec-ali-kako-se-oceni-skok>
- Ulaga, D., Urek, S., Rožman, M. (1979). *Planica*. Ljubljana: Mladinska knjiga.

8. KAZALO SLIK

Slika 1: Zaletni položaj odličnega skakalca Roberta Kranjca	4
Slika 2: Skakalec v fazi vzleta	5
Slika 3: Tehnika leta skakalca Petra Prevca	6
Slika 4: Telemark doskok Jurij Tepeš.....	7
Slika 5: Metoda merjenja spremenljivke višina krivulje leta.	14
Slika 6: Prikaz vodoravne in vertikalne razdalje uporabljenih pri izračunu aerodinamičnega indeksa leta.....	15
Slika 7: Primerjava povprečnih vrednosti spremenljivk dolžina skoka in zaletna hitrost med prvo in drugo nedeljsko serijo	22
Slika 8: Primerjava povprečne vrednosti dolžine skoka in povprečne zaletne hitrosti vseh posamičnih tekem (četrtek – kvalifikacije, petek – 1. in 2. serija, nedelja – 1. in 2. serija) na finalnem pokalnem tekmovanju v Planici 2013	23
Slika 9: Primerjava povprečnih vrednosti spremenljivk višina leta in točke vetrovne izravnave med prvo in drugo nedeljsko serijo	24
Slika 10: Prikaz strukture faktorskih uteži na prvem značilnem faktorju, oblikovanem v prvi nedeljski seriji tekmovanja v Planici 2013	26
Slika 11: Prikaz strukture faktorskih uteži na drugem značilnem faktorju, oblikovanem v prvi nedeljski seriji tekmovanja v Planici 2013	26
Slika 12: Prikaz rezultatov faktorske analize druge nedeljske serije, kjer se je oblikoval Faktor 1	28
Slika 13: Prikaz rezultatov faktorske analize druge nedeljske serije, kjer se je oblikoval Faktor 2	29
Slika 14: Prikaz rezultatov faktorske analize druge nedeljske serije, kjer se je oblikoval Faktor 3	29

9. KAZALO TABEL

Tabela 1: Seznam in časovni opis nedeljskih tekem v Planici 2013.....	11
Tabela 2: Seznam in rezultati tekmovalcev, ki so nastopili na posamični tekmi v nedeljo, 24. 3. 2013, prva in druga serija (prvi del).	12
Tabela 3: Seznam in rezultati tekmovalcev, ki so nastopili na posamični tekmi v nedeljo, 24. 3. 2013, prva in druga serija (drugi del).	13
Tabela 4: Rezultati spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 1. serija, zaletno mesto št. 21, n=30 ..	17
Tabela 5: Rezultati spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 2. serija, zaletno mesto št. 22, n=30 ..	19
Tabela 6: Rezultati osnovne statistične analize spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 1. serija, zaletno mesto št. 21, n=30	21
Tabela 7: Rezultati osnovne statistične analize spremenljivk, nedelja, 24. 3. 2013, 2. serija, zaletno mesto št. 22, n=30	21
Tabela 8: Rezultati factorske analize med spremenljivkami prve nedeljske serije.....	25
Tabela 9: Rezultati factorske analize med spremenljivkami druge nedeljske serije (Rezultati so povzeti iz raziskave Jošta in sodelavcev v letu 2013).....	27